

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
11 novembre 2004 (11.11.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/097355 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G01J 5/10,
5/20, B81B 1/00, 3/00

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2004/000942

(22) Date de dépôt international : 16 avril 2004 (16.04.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
03/05030 24 avril 2003 (24.04.2003) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-
MISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE [FR/FR];
31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : YON,
Jean-Jacques [FR/FR]; 56, rue des Chênes, F-38360
Sassenage (FR). OUVRIER-BUFFET, Jean-Louis

[FR/FR]; 430, route de la Planche, F-74320 Sévrier (FR).
ASTIER, Astrid [FR/FR]; 394, avenue du Chapays,
F-38340 Voreppe (FR). VILAIN, Michel [FR/FR]; 1, rue
Terrasses, F-38450 Saint-Georges De Commiers (FR).

(74) Mandataires : HECKE, Gérard etc.; Cabinet Hecke,
WTC Europole, 5 Place Robert Schuman, P.O. Box 1537,
F-38025 Grenoble Cedex 1 (FR).

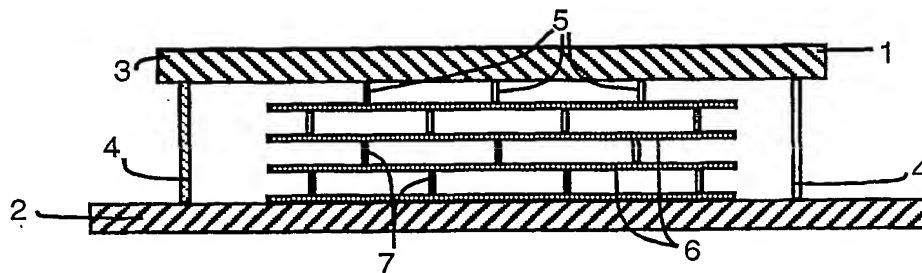
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM,
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HONEYCOMB- STRUCTURED ELECTROMAGNETIC RADIATION THERMAL DETECTOR

(54) Titre : DETECTEUR THERMIQUE DE RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE A STRUCTURE ALVEOLEE



(57) Abstract: An absorbent membrane (1) is fixingly suspended on one front face of a substrate (2) in a substantially parallel manner in relation to said substrate (2) by at least one honeycomb structure which thermally insulates the membrane of the substrate (2) and is disposed on a plane which is substantially perpendicular in relation to the substrate (2). The detector can comprise arms (3) which are coupled to the absorbent membrane (1). The honeycomb structures can be respectively disposed between one of the arms (3) and the substrate (2). The honeycomb structure can be comprised of a plurality of thin superposed layers (6) which are separated by means of cross-members (7) or by superposed rows of arcades which are comprised of thin layers. The honeycomb structure can comprise a porous plug element.

(57) Abrégé : Une membrane (1) absorbante est fixée en suspension sur une face avant d'un substrat (2), sensiblement parallèlement au substrat (2), par au moins une structure alvéolée isolant thermiquement la membrane du substrat (2) et disposée dans un plan sensiblement perpendiculaire au substrat (2). Le détecteur peut comporter des bras (3) solidaires de la membrane (1) absorbante. Les structures alvéolées peuvent être disposées respectivement entre l'un des bras (3) et le substrat (2). La structure alvéolée peut être constituée par une pluralité de couches minces (6) superposées et séparées par des entretoises (7) ou par des rangées superposées d'arcades constituées par des couches minces. La structure alvéolée peut comporter un plot poreux.

WO 2004/097355 A1



BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

DÉTECTEUR THERMIQUE DE RAYONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE À STRUCTURE ALVÉOLÉE

5 **Domaine technique de l'invention**

L'invention concerne un détecteur thermique de rayonnement électromagnétique comportant une membrane absorbante fixée en suspension sur une face avant d'un substrat, sensiblement parallèlement au substrat, par
10 des moyens de support isolant thermiquement la membrane du substrat.

État de la technique

15 Les avancées techniques récentes de la micro électronique du silicium et de la réalisation de couches minces ont donné un nouvel essor à la technologie des détecteurs thermiques de rayonnement infrarouge comportant une membrane absorbante fixée en suspension sur un substrat par des moyens de support.

20 Par ailleurs, la micro-électronique repose sur des procédés collectifs, réalisés au niveau de la plaquette de silicium, dont peuvent aussi profiter les technologies des détecteurs thermiques à de nombreux titres. Ces techniques collectives ouvrent en effet la possibilité de réaliser des matrices de détecteurs de grande complexité, typiquement des matrices de 320x240 détecteurs, et également de
25 réaliser un grand nombre de matrices sur une seule plaquette de silicium et donc de réduire le coût de fabrication unitaire des détecteurs. Cette propriété, associée au fait que les détecteurs thermiques peuvent fonctionner à température ambiante et s'affranchir de tout système de refroidissement, fait

que cette technologie est particulièrement bien adaptée à la réalisation de systèmes d'imagerie infrarouge faible coût.

5 Les figures 1 et 2 montrent une membrane 1, absorbante vis-à-vis du rayonnement électromagnétique incident, d'un détecteur thermique, maintenue en suspension sensiblement parallèlement à un substrat 2, par des moyens de support comportant deux bras 3 d'isolation thermique, solidaires de la membrane 1 et disposés sensiblement dans le plan de la membrane 1. Les bras 3 sont fixés chacun au substrat 2 par l'intermédiaire de piliers 4 dimensionnés
10 pour supporter la masse de la membrane. Sous l'effet du rayonnement, la membrane s'échauffe et transmet sa température à un thermomètre disposé sur la membrane, par exemple un thermistor sous forme d'une couche mince déposée sur la membrane.

15 Le substrat 2 peut être constitué par un circuit électronique intégré sur une plaquette de silicium comprenant, d'une part, les dispositifs de stimuli et de lecture du thermomètre et, d'autre part, des composants de multiplexage qui permettent de sérialiser les signaux issus de différents thermomètres et de les transmettre vers un nombre réduit de sorties afin d'être exploités par un
20 système d'imagerie usuel. Afin d'améliorer la sensibilité du détecteur thermique, les moyens de support sont conçus de manière à isoler thermiquement la membrane 1 absorbante du substrat 2, permettant ainsi de limiter les pertes thermiques de la membrane et, par conséquent, de préserver son échauffement.

25 L'interconnexion électrique entre le thermomètre et les éléments de lecture disposés sur le substrat 2 est généralement assurée par une couche métallique disposée sur les moyens de support.

Une analyse simplifiée de l'échauffement (Θ) de la membrane sous l'effet de la puissance effectivement absorbée ($P_{abs}(t)$) du rayonnement incident peut être réalisée, a priori, sans hypothèse particulière sur la nature du thermomètre. Le bilan de l'échauffement, dépendant de la conductance thermique G_{th} des
 5 moyens de support, représentant les pertes thermiques, et de la capacité thermique C_{th} de la membrane, représentant l'inertie thermique, peut être exprimé approximativement par l'équation différentielle suivante :

$$C_{th} \frac{d\Theta}{dt} + G_{th} \Theta = P_{abs}(t) .$$

Cette équation trouve comme solution particulière, pour une puissance de rayonnement modulé de manière sinusoïdale à la pulsation ω , l'expression :

$$\Theta = \frac{\hat{P}_{abs}(t)}{G_{th} \sqrt{1 + \omega^2 \tau^2}} ,$$

où τ représente la constante de temps thermique de la membrane définie par $\tau = C_{th}/G_{th}$.

15 Les variations de température de la membrane suivent les variations de puissance du rayonnement incident. Aux fréquences faibles, c'est-à-dire $\omega\tau \ll 1$, l'amplitude de l'élévation de température, qui définit le signal délivré par le détecteur, est inversement proportionnelle à G_{th} :

$$\Theta = \frac{P_{abs}}{G_{th}} .$$

20

Aux fréquences élevées, c'est-à-dire $\omega\tau \gg 1$, le signal du détecteur décroît comme l'inverse de la fréquence de modulation. Cette réduction de sensibilité aux fréquences élevées est d'autant plus marquée que C_{th} est grand :

$$\Theta = \frac{P_{abs}}{\omega C_{th}} .$$

25

La transition entre ces deux régimes est caractérisée par la constante de temps thermique τ .

Il ressort de cette analyse que les caractéristiques fondamentales qui définissent la performance du détecteur thermique sont la conductance thermique G_{th} et la capacité thermique C_{th} , que l'on cherche à minimiser afin d'optimiser la sensibilité du détecteur. Par conséquent, des matériaux à faible conductivité thermique sont utilisés pour les moyens de support, et des matériaux de faible chaleur massique sont utilisés pour la membrane absorbante. De plus, la membrane présente généralement une faible épaisseur.

Afin de minimiser la conductance thermique des moyens de support, l'espace entre la membrane 1 et le substrat 2 (figures 1 et 2) est évacué d'air ou rempli de gaz de faible conductivité thermique. De plus, les bras 3 solidaires de la membrane 1 présentent souvent une longueur maximale, compatible avec d'autres contraintes. Dans le cas de bras d'isolation thermique simples, représentés à la figure 1, la longueur maximale correspond sensiblement à la dimension de la membrane. Un développement de cette technique consiste à fabriquer des bras d'isolation thermique repliés sur eux-mêmes, en forme de serpent, présentant ainsi une longueur correspondant à un multiple de la dimension de la membrane. L'inconvénient de cette technique est qu'elle restreint la surface de la membrane absorbante et ainsi la surface effective du détecteur.

Le document US 6 144 030 divulgue un micro-bolomètre comportant des bras d'isolation thermique repliés sur eux-mêmes et disposés entre la membrane et le substrat, ce qui permet de conserver la surface effective tout en allongeant les bras d'isolation thermique constituant les moyens de support. Cependant, cette construction présente plusieurs inconvénients :

- Le maintien mécanique des bras en forme de serpent, maintenu en porte-à-faux par un point d'ancrage positionné à l'extrémité du serpent, requiert une augmentation de l'épaisseur des bras et, ainsi, une augmentation de la conductance thermique.
- 5 - Cette construction est mal adaptée à la réalisation de cavités interférentielles, couramment utilisées pour optimiser l'absorption du rayonnement. En effet, les cavités interférentielles les plus performantes sont usuellement réalisées en positionnant une couche métallique réfléchissante, de quelques centaines de nanomètres d'épaisseur, sur le
10 substrat. Cette couche réfléchissante constitue, en conjonction avec la membrane, une lame quart d'onde centrée sur la longueur d'onde à détecter. Les bras disposés entre la membrane et le substrat constituent un élément perturbateur critiquable. Pour pallier cette difficulté, il est proposé de positionner la couche réfléchissante sur les moyens de support,
15 notamment sur les bras. Cependant, les matériaux réfléchissant l'infrarouge se caractérisent par de très fortes conductivités thermiques préjudiciables à une bonne isolation thermique.
- Cette construction conduit à un accroissement de la masse suspendue, d'autant plus si l'on retient l'option de positionner une couche réfléchissante
20 sur les moyens de support. Cette augmentation de masse augmente la constante de temps thermique et la vulnérabilité du détecteur aux agressions mécaniques, par exemple des chocs et des vibrations.
- Enfin, cette construction nécessite, en plus des moyens de fixation des bras au substrat, des moyens de fixations de la membrane aux bras, permettant
25 l'interconnexion électrique d'un thermomètre. Ceci se traduit par un accroissement de la complexité de la technologie de réalisation.

Une autre voie de minimisation de la conductance thermique consiste à réduire la section des bras d'isolation thermique ou, plus généralement, des moyens de

support. Cependant, des sections trop faibles détériorent la solidité mécanique du détecteur et peuvent mener à un fléchissement des moyens de support, entraînant un basculement de la membrane jusqu'au contact avec le substrat, court-circuitant ainsi l'isolation thermique.

5

Le basculement peut être empêché par l'adjonction d'une connexion mécanique qui relie deux membranes adjacentes entre elles. L'inconvénient de cette connexion mécanique réside dans le couplage thermique entre les deux membranes, ce qui conduit à une dégradation de la résolution spatiale du dispositif. Un autre moyen pour empêcher le basculement consiste à augmenter le nombre de points d'ancrage des moyens de support sur le substrat, cependant ceci augmente la conductance thermique.

10

En général, l'optimisation des détecteurs thermiques de rayonnement se heurte à un compromis qui met en balance, d'un côté la longueur des moyens de support et d'un autre côté leur section, compromis arbitré par leur tenue mécanique.

15

Le document WO 03011747 décrit un capteur de gaz comportant une membrane suspendue reliée à un substrat au moyen de ponts et de cantilevers en silicium poreux. Les ponts et cantilevers sont disposés dans le même plan (horizontal) que la membrane suspendue. Ils sont directement formés, dans ce plan, dans le substrat dont les parties correspondant aux ponts, aux cantilevers et à la membrane sont rendues poreuses. Une cavité est ensuite creusée sous la membrane et sous les ponts et les cantilevers.

20

25

Objet de l'invention

L'invention a pour but de remédier à ces inconvénients et, en particulier, de réaliser un détecteur, comportant une membrane absorbante et des moyens de support, présentant un fort pouvoir d'isolation thermique tout en assurant un
5 maintien mécanique renforcé.

Selon l'invention, ce but est atteint par les revendications annexées et, plus particulièrement, par le fait que les moyens de support comportent au moins une
10 structure alvéolée disposée dans un plan sensiblement perpendiculaire au substrat.

Description sommaire des dessins

15 D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

20 Les figures 1 et 2 représentent un détecteur thermique selon l'art antérieur respectivement en vue de dessus et en coupe selon l'axe AA.

Les figures 3, 4, 6 et 7 représentent des modes de réalisation particuliers de l'invention.

25 La figure 5 illustre le mode de réalisation particulier représenté à la figure 4, en coupe selon l'axe BB.

La figure 8 montre un réseau de résistances, permettant d'estimer les pertes thermiques d'un détecteur selon l'invention par analogie avec un réseau de résistances électriques.

Description de modes particuliers de réalisation.

5 Les figures 3 à 6 montrent un détecteur thermique de rayonnement électromagnétique comportant une membrane 1 absorbante, fixée en suspension sur une face avant d'un substrat 2, sensiblement parallèlement au substrat 2, par des moyens de support isolant thermiquement la membrane 1 du
10 3 d'isolation thermique, solidaires de la membrane 1 et fixés chacun sur un pilier 4 fin, et deux structures alvéolées. Chaque structure alvéolée est constituée par une paroi disposée dans un plan sensiblement perpendiculaire au substrat 2 et, ainsi, perpendiculaire à la membrane 1. Chaque structure alvéolée présente une pluralité d'orifices transversaux. Les bras 3 d'isolation thermique s'étendent le
15 long de deux côtés opposés de la membrane et leur longueur correspond sensiblement à la dimension de la membrane. Chacune des structures alvéolées est disposée respectivement entre l'un des deux bras 3 et le substrat 2 et est en contact avec le bras 3 correspondant par au moins un point d'appui 5 (trois points d'appui sur la figure 3 et un point d'appui unique sur les autres
20 figures). La structure alvéolée peut également être disposée entre la membrane 1 absorbante et le substrat 2, le long d'un bord de la membrane 1 absorbante.

Les parois représentées aux figures 3 à 5 comportent chacune une pluralité de couches minces superposées 6, séparées par des entretoises 7 ou 8. Les
25 entretoises représentées à la figure 3 sont constituées par des cloisons 7, perpendiculaires au substrat 2, tandis que les entretoises représentées aux figures 4 et 5 sont constituées par des cylindres 8 creux, également disposés perpendiculairement au substrat 2. La structure alvéolée peut revêtir différentes formes : parallélépipédique, comme représenté à la figure 3, pyramidale,

- pyramidale inverse, etc... La structure alvéolée peut être disposée à différents emplacements sous la structure suspendue, le long des bras 3 d'isolation thermique, comme représenté sur les figures 3 et 4, ou bien au contraire le long d'un côté de la membrane perpendiculaire aux bras 3. Ainsi, la zone située sous la membrane 1 reste libre de tout élément perturbateur susceptible de détériorer le fonctionnement d'une cavité interférentielle entre le substrat 2 et la membrane 1, réalisée par dépôt d'une couche réfléchissante sur le substrat sous la membrane 1 pour améliorer le taux d'absorption du détecteur.
- La paroi représentée à la figure 6 comporte trois rangées superposées d'arcades 9 constituées par des couches minces, une première rangée d'arcades 9 étant disposée sur la face avant du substrat 2, chaque arcade d'une des rangées supérieures étant disposée sur les parties sommitales de deux arcades 9 adjacentes de la rangée inférieure.
- Dans une variante de l'invention, représentée à la figure 7, la structure alvéolée comporte un plot poreux 10, qui représente par nature une structure alvéolée. Différents matériaux peuvent répondre à cette application, en particulier les oxydes de silicium déposés par les techniques de sol gel, ou bien le silicium poreux obtenu par oxydation anodique en milieu HF du silicium cristallin et qui peut être rapporté sur le substrat 2 servant de support, préalablement à la construction des structures suspendues. Après dépôt, ou le cas échéant report du matériau poreux, la couche poreuse est délimitée par des procédés standard de photolithographie et de gravure afin de définir le plot 10.
- Avantageusement, le substrat 2 est en silicium et peut comporter des dispositifs électroniques intégrés permettant de lire et de traiter le signal issu du thermomètre (non-représenté) positionné sur la membrane et mesurant l'élévation de la température de la membrane. Le thermomètre peut être, par

exemple, un thermistor ou un capteur pyroélectrique, ferroélectrique ou thermoélectrique. Dans le cas particulier des thermistors, de nombreux matériaux peuvent convenir, notamment les semi-conducteurs, tels que le silicium ou le germanium, amorphe, polycristallin ou cristallin ; les oxydes de métaux, par exemple les oxydes de vanadium, les manganites ; les métaux à fort coefficient de température, par exemple les alliages à base de titane ou encore les alliages de Fe-Ni.

La membrane 1 peut être constituée par le matériau constituant le thermomètre lui-même ou par tout autre matériau, dont la chimie est compatible avec le matériau constituant le thermomètre, par exemple par des oxydes de silicium, des nitrures ou tout autre semi-conducteur diélectrique.

Les bras 3 d'isolation thermique peuvent être réalisés dans au moins un des matériaux qui constituent la membrane 1. Dans ce cas, et si la membrane comporte plusieurs couches suspendues, les bras 3 s'étendent comme un prolongement d'au moins une des couches formant la membrane. Afin d'assurer l'isolation thermique, les bras 3 peuvent être, par exemple, en oxyde de silicium, nitrure de silicium ou en silicium amorphe.

20

Outre leur rôle de maintien mécanique, les piliers 4 peuvent également assurer l'interconnexion électrique entre les électrodes du thermomètre, qui peuvent se prolonger le long des bras 3 d'isolation thermique, et les entrées de dispositifs électroniques de lecture et de traitement du signal qui sont disposés avantageusement sur le substrat 2 ou, éventuellement, sur une carte électronique disposée à proximité.

25

Les structures alvéolées soutiennent mécaniquement la membrane 1, apportant au moins un point d'appui 5, sans pour autant augmenter la conductance

thermique des moyens de support. Le point ou les points d'appui 5 permettent la réalisation de bras 3 de section réduite, ce qui permet d'atteindre une isolation thermique plus élevée que dans l'art antérieur.

- 5 Une estimation du pouvoir d'isolation thermique des structures alvéolées permet de mettre en valeur les avantages de l'invention par rapport à l'art antérieur, en considérant un détecteur thermique carré de 25 μm de côté, correspondant aux dispositifs les plus avancés qui sont actuellement en cours de développement pour l'imagerie infrarouge. L'isolation thermique ultime (R_{rad}) d'un détecteur plan
- 10 est plafonnée par les pertes radiatives qui dépendent à la fois de la surface (S_D) du détecteur et de sa température de fonctionnement (T) :

$$R_{\text{rad}} = \frac{1}{4(2S_D)\sigma T^3},$$

où σ est la constante de Stefan-Boltzmann.

- 15 A température ambiante et pour la taille du détecteur mentionné, l'isolation thermique ultime est théoriquement de 160 MK/W. L'isolation thermique d'un détecteur connu est inférieure car elle est réduite par les pertes thermiques par conduction dans les bras d'isolation thermique. Les valeurs usuelles sont comprises entre 5MK/W et 30 MK/W.

- 20 La résistance thermique de la structure alvéolée peut être modélisée par un réseau de résistances, représenté à la figure 8. Ce réseau est constitué d'une part de résistances R_1 qui représentent la structure alvéolée, et d'autre part des résistances R_2 qui correspondent à un des bras 3 d'isolation thermique. On
- 25 considère une structure alvéolée à quatre niveaux constitués de couches d'oxyde de silicium de largeur de 1 μm et d'épaisseur de 6 nm, séparées les unes des autres par des cloisons verticales dont l'impédance thermique est négligée. Les cloisons verticales sont réparties uniformément au pas de 5 μm le

long d'un même niveau et sont agencées en quinconce d'un niveau à l'autre. Le bras d'isolation thermique, de largeur de 1 μm , est constitué d'une couche de 20 nm d'oxyde de silicium et d'une couche de 5 nm de nitrure de titane. La longueur du bras d'isolation thermique est de 17 μm et il est constitué de quatre sections, l'extrémité de chacune venant prendre appui sur la structure alvéolée sous-jacente sur quatre points d'appui 5. Pour un détecteur comportant deux ensembles constitués chacun d'un bras d'isolation thermique et d'une structure alvéolée et compte tenu de la conductivité thermique des matériaux, on trouve une isolation thermique de 90 MK/W, soit trois fois supérieure à celle de l'art antérieur.

En diminuant le nombre de points d'appui 5, l'isolation thermique augmente légèrement. Par exemple, l'isolation thermique obtenue avec un seul point d'appui est de 98 MK/W, soit très proche du résultat obtenu avec quatre points d'appuis.

En diminuant le nombre de niveaux, l'isolation thermique diminue également. Par exemple, l'isolation thermique obtenue avec deux niveaux est de 72 MK/W. Une structure avec quatre niveaux correspond donc à un bon compromis pour un détecteur au pas de 25 μm , permettant d'améliorer sensiblement l'isolation thermique, tout en limitant le nombre d'opérations nécessaires à sa construction.

Un procédé de réalisation d'un détecteur selon l'invention comporte, avant réalisation de la membrane suspendue, la fabrication de la structure alvéolée.

Afin de réaliser la structure alvéolée représentée aux figures 4 et 5, constituée par des couches minces superposées 6, séparées par des cylindres 8 creux, on

dépose, sur le substrat 2 ou sur une couche mince 6, et on recuit une couche sacrificielle constituée, par exemple, de polyimide. Puis on grave localement par photolithographie cette couche sacrificielle en réalisant un alignement de trous de diamètre de 1 μm qui traversent toute l'épaisseur de la couche sacrificielle.

5 Ensuite on réalise le dépôt, par exemple par dépôt en phase vapeur, d'une couche diélectrique d'une épaisseur typique de 10 nm, qui recouvre la couche sacrificielle et qui tapisse les flancs et les fonds des trous de diamètre de 1 μm . Une étape suivante consiste à délimiter par photolithographie et gravure, l'étendue de la couche diélectrique pour définir la section de la paroi de la

10 structure alvéolée. Ainsi, on obtient une première couche mince 6 disposée sur des cylindres 8 creux. Cette séquence d'opérations est ensuite répétée pour chaque couche mince 6 supplémentaire, en prenant soin de décaler les trous en quinconce d'un niveau à l'autre, par exemple en utilisant un jeu de masques adéquat. Le point d'appui 5 sur l'ensemble des couches minces est réalisé en

15 suivant sensiblement les mêmes étapes. L'étape finale consiste à supprimer les couches sacrificielles, typiquement à l'aide d'une gravure sèche oxydante.

Afin de réaliser la structure alvéolée représentée à la figure 6, constituée par des arcades superposées constituées par des couches minces, on dépose et

20 recuit également une couche sacrificielle. Le choix du matériau constituant la couche sacrificielle se porte sur un matériau qui présente une vitesse de gravure voisine de celle des résines photosensibles couramment utilisées, par exemple un polyimide. Ensuite, on dépose une résine photosensible dans laquelle on délimite, par exemple par insolation à travers un masque et

25 développement photographique, des ouvertures de largeur adéquate débouchant sur la couche sacrificielle sous-jacente. On procède alors à un traitement thermique qui permet de faire fluer les flancs de la résine de manière à leur conférer une forme d'arc de cercle. La gravure conjointe de la résine et de la couche sacrificielle permet ensuite, de manière connue, de reproduire les

structures en arc de cercle dans la couche sacrificielle. Une étape suivante consiste à déposer une couche diélectrique, d'une épaisseur typiquement inférieure à 10 nm, recouvrant la couche sacrificielle et prenant appui sur le substrat sous-jacent aux endroits où la gravure de la couche sacrificielle a été totale. Ensuite, la largeur de la couche diélectrique est délimitée, par exemple à 1 μm , par photolithographie et gravure, de manière à former une rangée d'arcades 9. Comme dans le procédé précédent, la séquence des opérations est répétée pour chaque rangée d'arcades en décalant à chaque fois les arcades d'une demi-période par rapport aux arcades sous-jacentes.

Revendications

- 5 1. Détecteur thermique de rayonnement électromagnétique comportant une membrane (1) absorbante fixée en suspension sur une face avant d'un substrat (2), sensiblement parallèlement au substrat (2), par des moyens de support isolant thermiquement la membrane (1) du substrat (2), détecteur caractérisé en ce que les moyens de support comportent au moins une structure alvéolée disposée dans un plan sensiblement perpendiculaire au substrat (2).
- 10 2. Détecteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la structure alvéolée est disposée entre la membrane (1) absorbante et le substrat (2), le long d'un bord de la membrane (1) absorbante.
- 15 3. Détecteur selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les moyens de support comportent au moins un bras (3) solidaire de la membrane (1) absorbante, chaque structure alvéolée étant disposée respectivement entre le bras (3) correspondant et le substrat (2).
- 20 4. Détecteur selon la revendication 3, caractérisé en ce que la structure alvéolée est en contact avec un bras (3) par un point d'appui unique (5).
- 25 5. Détecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la structure alvéolée est constituée par une paroi présentant une pluralité d'orifices transversaux.
6. Détecteur selon la revendication 5, caractérisé en ce que la paroi comporte une pluralité de couches minces (6) superposées, séparées par des entretoises.

7. Détecteur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les entretoises sont constituées par des cloisons (7) perpendiculaires au substrat (2).
- 5 8. Détecteur selon la revendication 6, caractérisé en ce que les entretoises sont constituées par des cylindres (8) creux, disposés perpendiculairement au substrat (2).
- 10 9. Détecteur selon la revendication 5, caractérisé en ce que la paroi comporte au moins deux rangées superposées d'arcades (9) constituées par des couches minces, une première rangée d'arcades (9) étant disposée sur la face avant du substrat (2), une arcade (9) d'une autre rangée étant disposée sur les parties sommitales de deux arcades (9) adjacentes de la rangée inférieure.
- 15 10. Détecteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la structure alvéolée comporte un plot poreux (10).

1/3

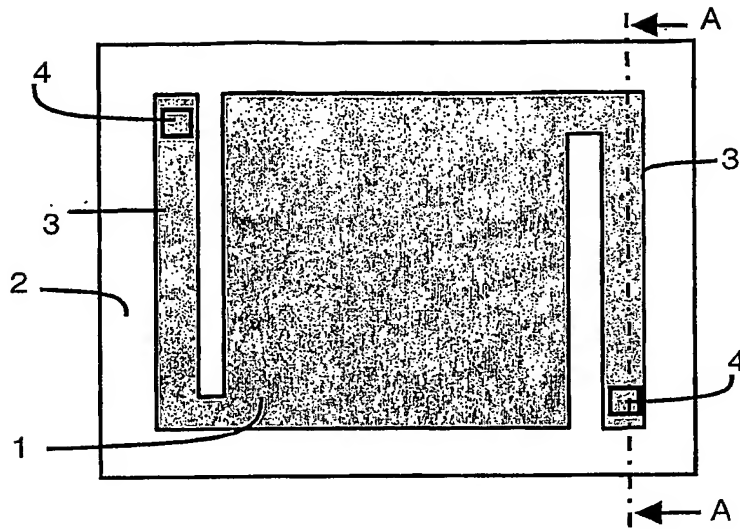


Figure 1 (Art antérieur)

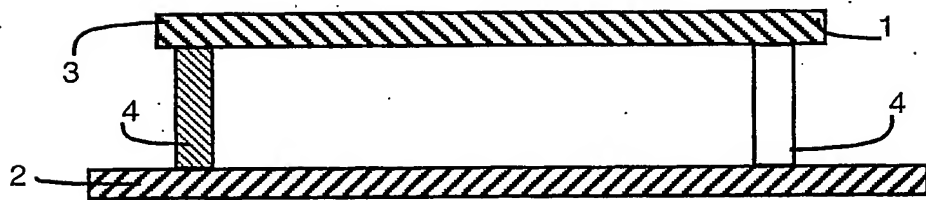


Figure 2 (Art antérieur)

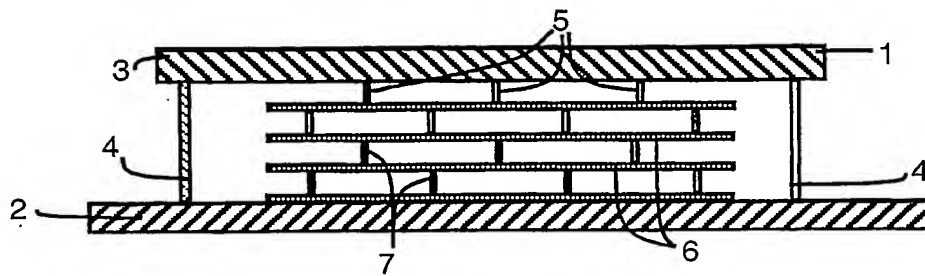


Figure 3

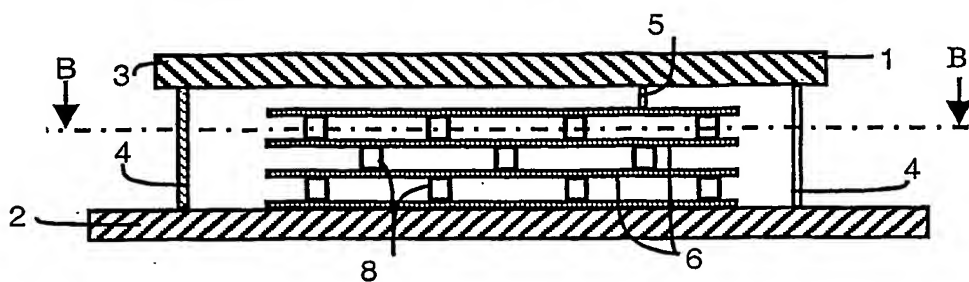


Figure 4

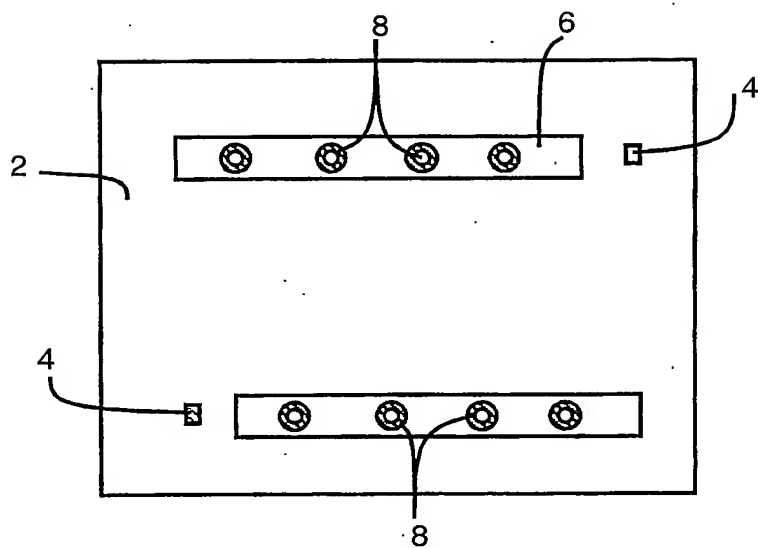


Figure 5

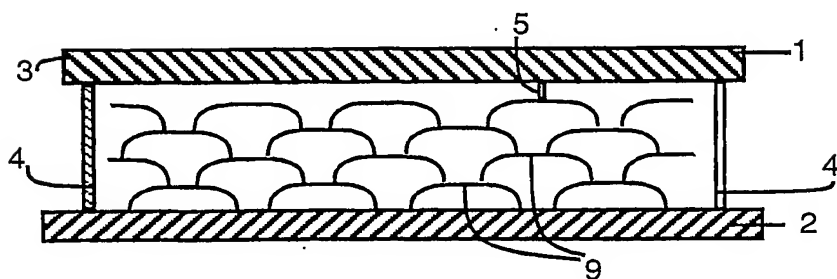


Figure 6

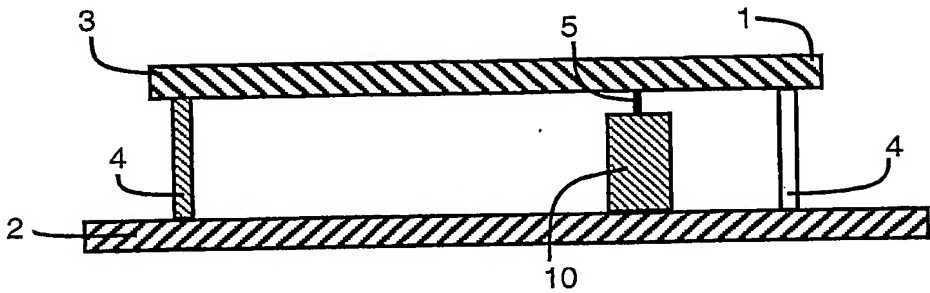


Figure 7

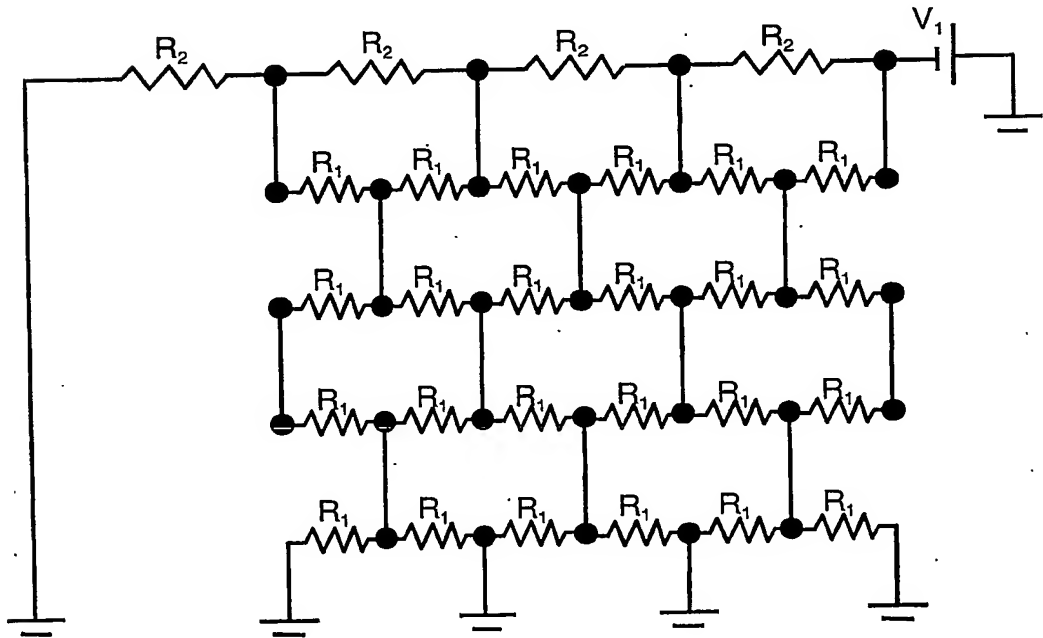


Figure 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/000942

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01J5/10 G01J5/20 B81B1/00 B81B3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01J B81B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 03/011747 A (NASSIOPOULOU ANDROULA G ;NCSR DEMOKRITOS (GR); TSAMIS CHRISTOS (GR) 13 February 2003 (2003-02-13) abstract page 3, lines 17-19 page 3, lines 10,11 figures 1C,2A-2C page 4, lines 26-29	1-4, 10
A	US 6 506 621 B1 (SIEGEL ROBERT ET AL) 14 January 2003 (2003-01-14) the whole document	1-10
A	US 5 990 481 A (BERATAN HOWARD R) 23 November 1999 (1999-11-23) the whole document	1-10
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 October 2004

Date of mailing of the international search report

14/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Varelas, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/000942

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>US 6 094 127 A (YONG YOON-JOONG) 25 July 2000 (2000-07-25) the whole document</p>	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/000942

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 03011747	A	13-02-2003	GR 1004040 B1 EP 1417151 A1 WO 03011747 A1	31-10-2002 12-05-2004 13-02-2003
US 6506621	B1	14-01-2003	DE 10046621 A1	04-04-2002
US 5990481	A	23-11-1999	NONE	
US 6094127	A	25-07-2000	WO 0034751 A1 EP 1141669 A1 JP 3538383 B2 JP 2002531860 T	15-06-2000 10-10-2001 14-06-2004 24-09-2002

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/000942

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 7 G01J5/10 G01J5/20 B81B1/00 B81B3/00		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 G01J B81B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 03/011747 A (NASSIOPOULOU ANDROULA G ;NCSR DEMOKRITOS (GR); TSAMIS CHRISTOS (GR) 13 février 2003 (2003-02-13) abrégé page 3, ligne 17-19 page 3, ligne 10,11 figures 1C,2A-2C page 4, ligne 26-29	1-4, 10
A	US 6 506 621 B1 (SIEGEL ROBERT ET AL) 14 janvier 2003 (2003-01-14) le document en entier	1-10
A	US 5 990 481 A (BERATAN HOWARD R) 23 novembre 1999 (1999-11-23) le document en entier	1-10
-/--		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>*E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>*L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>*O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>*P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>*X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>*Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>*G* document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">5 octobre 2004</div>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">14/10/2004</div>
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Varelas, D</div>

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/000942

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>US 6 094 127 A (YONG YOON-JOONG) 25 juillet 2000 (2000-07-25) le document en entier -----</p>	1-10

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/000942

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 03011747	A	13-02-2003	GR 1004040 B1 EP 1417151 A1 WO 03011747 A1	31-10-2002 12-05-2004 13-02-2003
US 6506621	B1	14-01-2003	DE 10046621 A1	04-04-2002
US 5990481	A	23-11-1999	AUCUN	
US 6094127	A	25-07-2000	WO 0034751 A1 EP 1141669 A1 JP 3538383 B2 JP 2002531860 T	15-06-2000 10-10-2001 14-06-2004 24-09-2002